稻穗之物理性與小型水稻聯合收穫機工作性能之關係試驗

鄔 清 標[2]　　黃 光 華[2]

一、前　　言

水稻收穫與調製工作所花費的工時，在整個水稻栽培作業中佔有相當份量的比例，故如可利用機器從事收穫工作，則一方面可省去很多工時，另方面可簡化工作者繁忙艱辛的工作程序。但如果機器的性能不適宜，則對於收穫物的損傷將遠比手工作業爲大，尤其在臺灣的小農情況下所要求的精植栽培方式，歐美各國的大型收穫機一時尙無法應用，而目前由於農村勞力的外流，必須儘速設法促進收穫工作之機械化。但如衆所知，目前推廣之水稻品種，其稻稈之高低，抗倒伏性，及脫粒性均相差甚大，對收穫機具之適應性可能有很大之差異；再則水稻葉面上之潮濕度亦可能影響機器之工作性能。因此，爲使收穫工作機械化能圓滿達成，必須先了解稻穗之物理性和機械收穫工作適應性之關係，問題方可解決，爰作本項試驗。

二、供試機型與試驗方法

(一) 供試機型

(1) 型式　井關牌兩行用 HD—50型小型水稻聯合收穫機。

(2) 機器規格　長 233cm，寬 168～249cm，高 138.5cm，重 580Kg 。

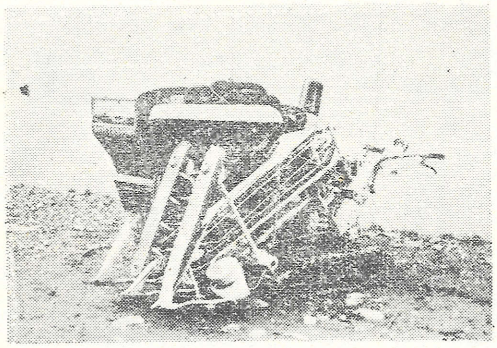
(3) 刈刀寬度　50cm

(4) 行走方式　橡膠塊鏈履帶式。

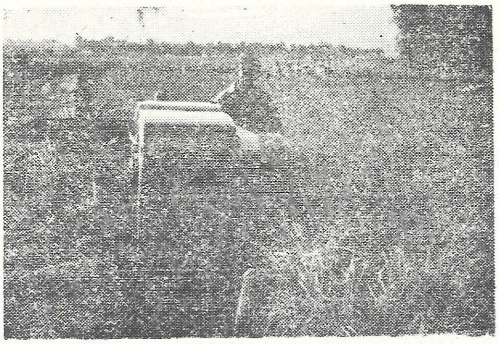
(5) 脫穀筒尺寸　直徑 46cm，寬 50cm。

(6) 選別方式　風選。

(7) 引擎程式　井關 KF900 型7－9馬力氣冷式4衝程汽油引擎。



第一圖　小型水稻聯合收穫機



第二圖　小型水稻聯合收穫機田間作業情形

本試驗承中國農村復興委員會撥贈供試聯合收穫機，並承國家科學委員會撥給研究補助費，文成時復承萬所長雄及農復會彭技正添松之斧正，謹此一併致謝。

1 試驗研究報告農試字第五三五號　　2 臺灣省農業試驗所技正及技佐。

（二）試驗方法

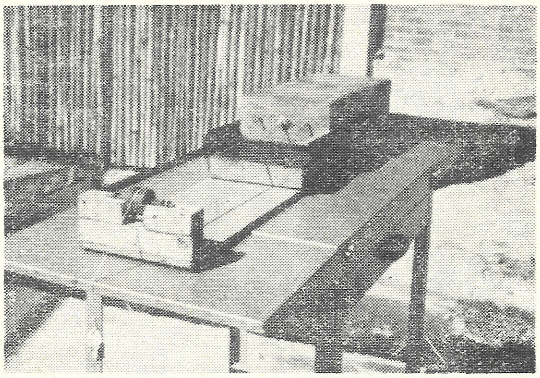
因每一塊田只能當一個試驗點，爲達到統計上計算用樣品點數，需要很廣大之面積，而此廣大面積的水稻田，必須從許多農家借用，因此每一項因子都無法預先加以控制，只有利用既有之結果，用層次分類法計算較爲明顯之因子對結果之影響度百分比。各因子測定方法如下：

（1）表土貫穿深度（表土硬度）

土壤表層之軟硬，對機器之行走性能有密切關係，所以利用 1 cm 直徑，10 cm 長，先端作成60°角，74.5 gr 重之圓錐落下錘，在內徑 1.1cm 之導管內自 1m 之高度落下，測定落下錘插入土層之深度，以表示土層阻力或表土硬度之差異。每試區選測定點5點，求其平均值。

（2）抗拉強度

將稻穗倒掛後，在穗部分成上、中、下三段，在各段任選三支小穗，再在小穗之先端、中段、後段任選三粒，用夾子夾住穀粒，在夾子下端掛一水瓶，逐漸滴入水滴，至稻粒脫落爲止，然後秤其懸掛重量。每一試區任選三穗作試驗，求其平均值及最小值。



第三圖　摩擦掉粒試驗

（3）摩擦掉粒數百分比（%）

利用兩塊 36.5cm×15cm×7.5cm重2.7kg之木板，在接觸面各貼上 0.3cm厚度之橡皮板，然後將二支稻穗從中央部份剪成兩段，分成四支，平均分佈放置在木板間，然後將上面的木板輕輕拉動 10cm 之距離，調查原有穗粒數和脫落之穀粒數而求其掉粒數之百分比。每試區任選6穗，作3次試驗，求其平均值。

（4）掉粒數

水稻割完後，在田間以逢機方式任選3點，然後用手工檢起 1m²以內之掉落穀粒，作爲比較掉粒數之依據。

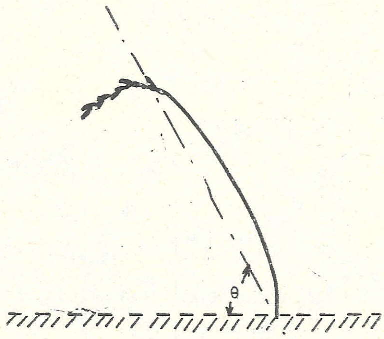
（5）稻株倒伏程度

測定稻欉基部中心和稻穗頸節之假想連結直線對地面之傾斜角度，每試區選10點，測稻束中央部之傾斜角。

（6）穀粒損失百分比（%）

在試驗田區內抽取10欉稻株，分別秤其稻稈及穀粒重量，以推定全區稻稈重量及稻穀產量，然後逢機取樣測得每 m² 內田面的掉粒數，及每公斤稻稈內未被脫粒的稻穀粒數，推算全區的損失量及損失率。

第四圖　稻株倒伏角度之表示法



三、試驗結果及討論

（一）稻穗穀粒最小抗拉強度、穗粒數，及穀粒含水分率對摩擦掉粒數之影響

表一、小型水稻聯合收穫機試驗紀錄（一）

項號	項目＼編號	單位	No.3	No.4	No.5	No.6	No.9	No.11	No.13
1	地點		中壢後寮	中壢後寮	中壢後寮	中壢後寮	中壢五塊厝	中壢五塊厝	中壢五塊厝
2	割稻日期		59. 7.12	59. 7.13	59. 7.13	59. 7.14	59.7.16	95.7.16	59. 7.19
3	品種		186	糯米種	糯米種	高雄153	在萊1號	蓬萊178號	東京 1號
4	行株距	cm	23.4×23.4	24.8×23.8	25.6×24.0	25.8×23.0	24.2×23.8	24.6×23.8	24.3×22.4
5	分蘖數	支	16.7	17.3	20.0	17.7	16.9	17.6	16.6
6	株高:自然／全長	cm	76.3/102.7	79.7/100.8	79.0/106.4	81.3/97.0	75.9/90.7	64.7/98.0	67.0/84.2
7	倒伏程度（穗）	度	64.6	72.7	59.6	75.8	68.7	52.3	68.4
8	表土硬度（重錘貫穿深度）	cm	1.4	1.2	1.8	1.4	1.8	2.2	1.0
9	稻穗成熟度	%	80	75	75	80	80	80	90
10	抗拉強度最小/平均	gr	39.0/68.0	24.5/64.3	32.0/55.0	40.1/76.2	20.1/59.8	28.9/68.5	60.4/85.1
11	穀粒含水分率	%	14.9	16.5	16.9	17.8	26.7	30.4	22.3
12	穗粒數	粒	52.7	69.4	63.6	65.3	86.0	72.1	60.0
13	摩擦掉粒數	%	48.8	31.9	29.6	18.1	35.9	22.0	13.5
14	行車速度	m/sec	0.49	0.60	0.56	0.60	0.58	0.61	0.64
15	掉粒數	粒/m²	93	184	176	202	290	40	107
16	稻葉含水分率	%	59	63	62	58	66	60	45
17	田區面積	m²	678	970	743	940	123	875	570

項號	項目＼編號	單位	No.14	No.17	No.18	No.19	No.20	No.21	No.24
1	地點		中壢五塊厝	水尾	水尾	水尾	水尾	水尾	彰化三滌鄉
2	割稻日期		59. 7.19	59. 7.22	59. 7.22	59. 7.22	59. 7.22	59. 7.23	59. 6.26
3	品種		東京 1號	糯米8號	糯米8號	糯米8號	蓬萊13號	草螺種	臺南5號
4	行株距	cm	24.7×24.0	24.8×24.2	25.8×25.2	25.3×24.8	24.9×24.2	25.2×23.8	24.2×21.2
5	分蘖數	支	18.2	18.6	17.7	16.0	16.7	18.7	23.0
6	株高自然／全長	cm	65.3/84.6	71.4/105.2	70.0/103.0	70.0/103.0	69.4/100.4	75.1/105.7	—/103.6
7	倒伏程度（穗）	度	67.9	57.7	50.3	54.3	57.4	57.9	65.3
8	表土硬度（重錘貫穿深度）	cm	1.8	1.7	1.7	1.9	2.8	1.3	2.1
9	稻穗成熟度	%	90	80	80	80	80	75	80
10	抗拉強度最小/平均	gr	46.2/76.5	41.0/53.2	23.7/40.2	25.6/44.0	69.8/91.0	34.1/58.6	92.1/110.5
11	穀粒含水分率	%	10.8	31.0	28.7	16.7	27.0	30.0	17.8
12	穗粒數	粒	63.3	80.7	63.5	81.0	59.8	67.3	77.0
13	摩擦掉粒數	%	14.1	29.1	19.7	25.4	24.8	13.1	30.9
14	行車速度	m/sec	0.58	0.630	0.61	0.60	0.58	0.59	0.64

15	掉粒數	粒/m²	99	200	134	97	222	50	70
16	稻葉含水分率	%	24	49	49	50	75	76	60
17	田區面積	m²	622	728	754	769	635	627	1,600

項號	編號 項目	單位	No.25	No.26	No.27	No.28	No.30	No.31	No.32
1	地點		三滌鄉	三滌鄉	楊梅	楊梅	楊梅	楊梅	楊梅
2	割稻日期		59. 6.29	59. 6.30	59.11. 8	59.11. 8	59.11. 9	59.11. 9	59.11.12
3	品種		臺南5號	臺南5號	蓬萊1050	蓬萊1050	糯米48	糯米48號	蓬萊 臺南5號
4	行株距	cm	24.2×18.2	24.2×21,2	24.×24.0	23.7×23.8	23.6×23.3	23.8×23.6	24.7×23.8
5	分蘖數	支	17.8	17.8	11.2	11.7	14.3	13.1	14.0
6	株高自然／全長	cm	65.7/104.6	60.9/105.8	73.5/90.5	77.8/95.5	74.0/98.3	80.0/99.1	76.3/94.3
7	倒伏程度(穗)	度	55.0	46.7	74.6	74.7	72.8	78.8	76.6
8	表土硬度(重錘貫穿深度)	cm	1.6	1.8	1.2	1.5	1.6	1.6	1.5
9	稻穗成熟度	%	80	80	85	80	85	85	80
10	抗拉强度最小/平均	gr	90.3/108.4	85.3/117.2	180.0/195.0	1360./172.0	110.0/198.0	152.0/187.0	130.0/175.0
11	穀粒含水分率	%	17.0	15.9	11.0	20.0	15.0	18.0	28.0
12	穗粒數	粒	84.6	80.8	84.0	106.0	82.0	79.0	75.0
13	摩擦掉粒數	%	22.4	26.2	10.0	7.0	13.0	5.0	10.0
14	行車速度	m/sec	0.59	0.43	0.66	0.55	0.55	0.57	0.56
15	掉粒數	粒/m²	107	119	127	110	72	101	46
16	稻葉含水分率	%	57	55	47	54	50	51	55
17	田區面積	m²	1,345	1,020	995	760	698	988	992

項號	編號 項目	單位	No.33	No.35	No.36	No.37	No.39	No.40
1	地點		楊梅	楊梅	楊梅	水尾	本所	本所
2	割稻日期		59.11.12	59.11.12	59.11.13	59.11.17	59.12.10	59.12.10
3	品種		蓬萊臺南5號	蓬萊臺南5號	蓬萊臺南5號	高雄163	臺農糯8號	臺農 蓬萊61號
4	行株距	cm	25.2×24.0	25.1×23.3	25.0×24.0	26.4×24.0	26.0×24.6	22.8×22.5
5	分蘖數	支	14.1	16.3	15.6	15.5	15.5	10.6
6	株高:自然/全長	cm	75.5/93.3	73.1/91.3	75.5/93.6	72.0/101.5	75.1/96.1	81.2/94.4
7	倒伏程度(穗)	度	78.6	76.8	79.5	62.0	81.0	84.0
8	表土硬度(重錘貫穿深度)	cm	1.5	1.4	1.4	1.7	1.4	1.4
9	稻穗成熟度	%	80	80	80	90	90	90
10	抗拉强度最小/平均	gr	161.0/199.0	125.0/192.0	115.0/163.0	106.0/118.0	78.0/123.00	62.0/95.0
11	穀粒含水分率	%	19.0	23.0	23.0	19.0	20.0	26.0

12	穗粒數	粒	80.0	86.0	63.0	99.0	63.0	71.0
13	摩擦掉粒數	%	10.0	12.0	18.0	5.0	19.0	32.0
14	行車速度	m/sec	0.53	0.61	0.61	0.50	0.63	0.57
15	掉粒數	粒/m^2	49	72	67	126	147	106
16	稻葉含水分率	%	50	58	54	53	66	62
17	田區面積	m^2	416	890	1,182	672	1,430	649

將稻穗夾在摩擦掉粒試驗板中試驗時，穀粒最小抗拉強度、穗粒數、及穀粒含水分率等因素對摩擦掉粒數之影響，經逐次分層分析結果，列如表二，其變方分析結果如表三。

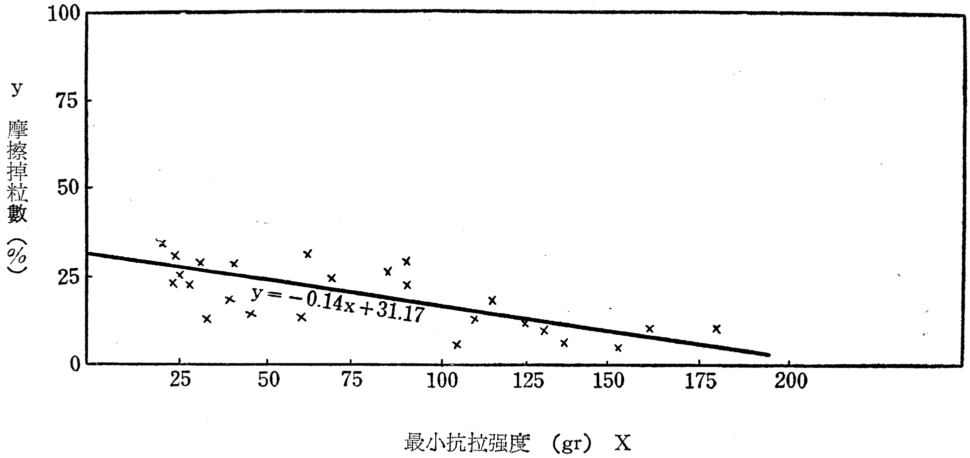
表二、穀粒最小抗拉強度、穗粒數、穀粒含水分率和摩擦掉粒數之逐次分層表

最小抗拉強度 (gr)	穗粒數 (粒)	穀粒含水分率 (%)	摩擦掉粒數 (%)
39.0	52.7	14.9	48.8
32.0	63.6	16.9	29.6
23.7	63.5	28.7	19.7
24.5	69.4	16.5	31.9
40.1	65.3	17.8	18.1
34.1	67.3	30.0	13.1
25.6	81.0	16.7	25.4
20.1	86.0	26.7	35.9
28.9	72.1	30.4	22.0
78.0	63.0	20.0	19.0
60.4	60.0	22.3	13.5
69.8	59.8	29.0	24.8
46.2	63.3	10.8	14.1
92.1	77.0	17.8	30.9
62.0	71.0	26.0	32.0

85.3	80.8	15.9	26.2
90.3	84.6	17.0	22.4
41.0	80.7	31.0	29.1
152.0	79.0	18.0	5.0
115.0	63.0	23.0	18.0
130.0	75.0	28.0	10.0
180.0	84.0	11.0	10.0
110.0	82.0	15.0	13.0
161.0	80.0	19.0	10.0
106.0	99.0	19.0	5.0
136.0	106.0	20.0	7.0
125.0	86.0	23.0	12.0

表三、最小抗拉強度、穗粒數、穀粒含水分率和摩擦掉粒數之變方分析表

因素	自由度	平方和	均方	F	Q
最小抗拉度	2	1,474.46	737.23	13.07**	0.465
穗粒數	2	14.35	7.18	—	—
穀粒含水分率	2	15.44	7.72	—	—
最小抗拉强度×穗粒數	4	298.86	74.72	1.33	0.025
最小抗拉强度×穀粒含水分率	4	606.78	151.70	2.69	0.130
穗粒數×穀粒含水分率	4	64.84	16.21	—	—
機差	8	451.12	56.39	—	0.380
總數	26	2925.85	—	—	1.000



第五圖　穀粒最小抗拉强度和摩擦掉粒數之關係

根據表三、分析結果，可知最小抗拉强度不同時，摩擦掉粒數將有顯著差異。最小抗拉力愈大，則脫粒愈少，此一關係示如第五圖，兩者爲一負的關係。

$y=-0.14X+31.17$　　x　穀粒最小抗拉强度（gr）。

y　摩擦掉粒數（%）

至於穗粒數和穀粒水分不同時，雖亦使摩擦掉粒數有差別，但並不顯著，亦即摩擦掉粒數多少與穗粒數和穀粒水分含量的多寡關係較少；同時最小抗拉力是否受穀粒水分含量及一穗粒數之影響，由交感作用可知雖F值並不顯著，但穀粒水分含量似對最小抗拉力有相互關係；一穗粒數則對最小抗拉的交感甚小。

玆爲明瞭上列因素對摩擦掉粒數之影響程度，乃計算Q值，Q值依下列公式求得：

$$Q_A = \frac{(\text{A因子平方和}) - (\text{A因子自由度}) \times (\text{機差均方})}{\text{總平方和}}$$

表三、所示Q值，可看出穀粒最小抗拉强度對摩擦掉粒數之影響度約佔46.5%，最小抗拉强度和穀粒含水分率之交感影響度約佔13%，最小抗拉强度和穗粒數之交感影響度約佔2.5%。

（二）摩擦掉粒數及行車速度、水稻成熟度等因素對小型水稻聯合收穫機掉粒損失之影響：

利用小型水稻聯合收穫機收割水稻後，每一平方公尺內之掉粒數和摩擦掉粒數及機器行車速度、水稻成熟度等因子之關係試驗，經逐次分層結果列於表四，其變方分析結果如表五。

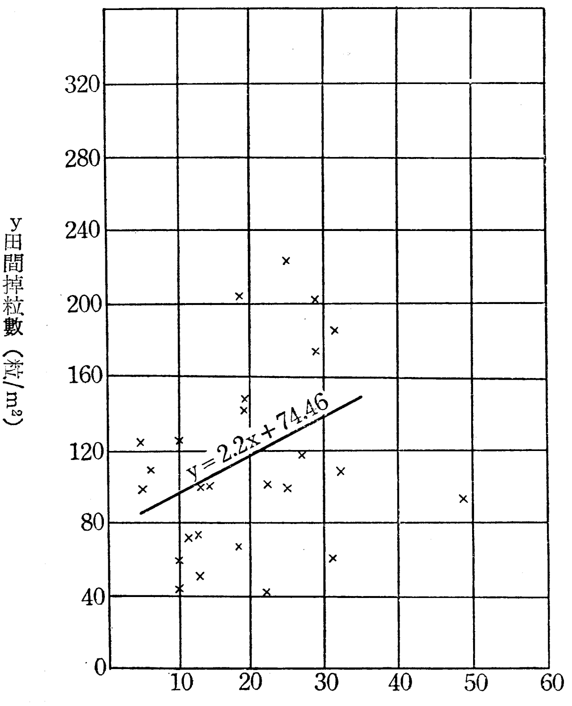
表四、摩擦掉粒數、行車速度、水稻成熟度和田間掉粒數之逐次分層表

摩擦掉粒數（%）	行車速度（m/sec）	水稻成熟度（%）	田間掉粒數（粒/m²）
10.0	0.53	80	49
13.0	0.55	85	72
5.0	0.50	90	126
10.0	0.56	80	46

7.0	0.55	80	110
5.0	0.57	85	101
13.1	0.59	75	50
12.0	0.61	80	72
10.0	0.66	85	127
22.4	0.59	80	107
24.8	0.58	80	222
14.1	0.58	90	99
18.0	0.61	80	67
19.7	0.61	80	134
18.1	0.60	80	202
22.0	0.61	80	40
13.5	0.64	90	107
19.0	0.63	90	147
29.6	0.56	75	176
48.8	0.49	80	93
26.2	0.43	80	119
25.4	0.60	80	97
35.9	0.58	80	290
32.0	0.57	90	106
31.9	0.60	75	184
30.9	0.64	80	70
29.1	0.63	80	200

表五、摩擦掉粒數、行車速度、水稻成熟度和田間掉粒數之變方分析表

因　　　素	自由度	平方和	均　方	F	Q
摩擦掉粒數	2	19,238.35	9,619.18	2.36	0.12
行車速度	2	1,360.30	680.15	—	—
水稻成熟度	2	10,972.17	5,486.09	1.35	0.03
摩擦掉粒數×行車速度	4	3,927.11	981.78	—	—
摩擦掉粒數×水稻成熟度	4	9,466.40	2,366.60	—	—
行車速度×水稻成熟度	4	17,510.99	4,377.75	1.07	0.01
機　　差	8	32,579.55	4,072.44	—	0.84
總　　數	26	95,054.87	—	—	1.00



第六圖　摩擦掉粒數和田間掉粒數之關係

表中各因素之F值均不顯著，表示摩擦掉粒數不同，對田間掉粒數雖有影響，但並不顯著，而由表五、可知機差甚大，此因脫穀部分之選別機構調節適當與否，其影響田間掉粒之程度遠大於上述各項因素；其他如駕駛員操作技術之熟練與否，水稻行株距之整齊度，等因素亦大有影響，所以摩擦掉

粒數之影響度只佔12%左右。茲將摩擦掉粒數和田間每平方公尺內穀粒掉粒數之關係式示之如下：

$y=2.2x+7.446$　　x ：摩擦掉粒數（%）

　　　　　　　　　y ：田間掉粒數（粒/m^2）

行車速度對田間掉粒數之影響似更爲微小，此因行車速度受到表土硬度、行株距整齊度，及操作熟練與否等情形所支配，並且脫穀部份之調節和行車系統又完全獨立，因此不致發生顯著之影響。

水稻成熟度之F值亦不顯著，其Q值爲3%。但從水稻成熟度和掉粒數之關係式：

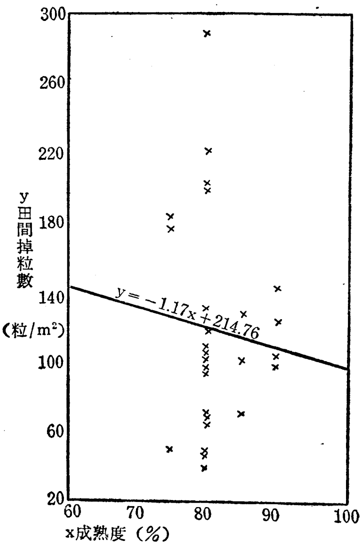
$y=-1.17x+214.76$　　x ：成熟度（%）

　　　　　　　　　y ：田間掉粒數（粒/m^2）

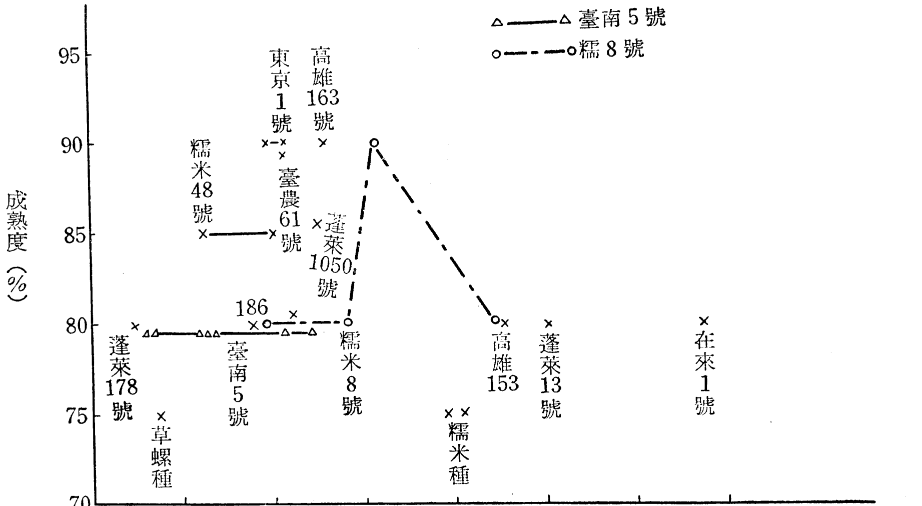
可看出具有矛盾，但從第八圖可看出水稻成熟度一項因素實可代表水稻不同品種之因素，因農民均了解各品種在何等成熟度收割最爲適當，而各不同品種間之掉粒性和成熟度無一定之關係，所以水稻成熟度之影響似可視爲不同品種之影響。

（三）表土貫穿深度、稻葉含水分率及田區面積等因素對工作能量之影響

各因子之逐次分層結果如表六，其變方分析結果如表七



第七圖　稻穗成熟度和田間掉粒數之關係



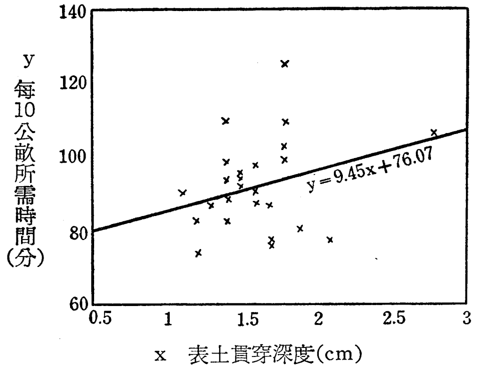
第八圖　田間穀粒掉粒數和成熟度之關係

表六、表土貫穿深度、稻葉含水分率、田區面積和機器工作能量之逐次分層表

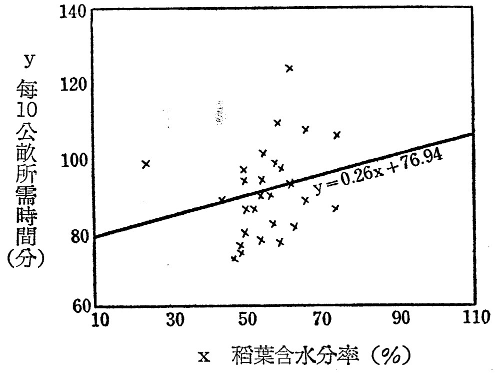
表土貫穿深度 (cm)	稻葉含水分率 (%)	田 區 面 積 (m^2)	工作能量 (min/10a)
2.8	75	635	106
1.8	62	743	124
1.8	66	1,231	108
2.2	60	875	96
1.8	55	1,020	102
2.1	60	1,600	77
1.8	24	622	99
1.7	53	672	87
1.9	50	769	80
1.4	59	678	109
1.5	55	992	95
1.6	57	1,345	90
1.5	50	416	95
1.5	54	760	91
1.6	51	988	87
1.6	50	698	97
1.7	49	728	76
1.7	49	754	76
1.3	76	627	88
1.2	63	970	82
1.4	66	1,430	89
1.4	62	649	93
1.4	58	890	99
1.4	58	940	83
1.1	45	570	91
1.2	47	995	73
1.4	54	1,182	78

表七、表土貫穿深度、稻葉含水分率、田區面積和機器工作能量之變方分析表

因　素	自由度	平方和	均　方	F	Q
表土貫穿深度	2	621.76	310.88	10.87**	0.15
稻葉含水分率	2	1,002.13	501.07	17.52**	0.25
田區面積	2	622.92	311.46	10.89**	0.15
表土貫穿深度×稻葉含水分率	4	543.74	135.94	4.75*	0.12
表土貫穿深度×田區面積	4	300.74	75.19	2.63	0.05
稻葉含水分率×田區面積	4	405.80	101.45	3.55	0.08
機　差	8	228.76	28.6	—	0.20
總　數	26	3,725.85	—	—	1



第九圖　表土貫穿深度和機器工作能量之關係



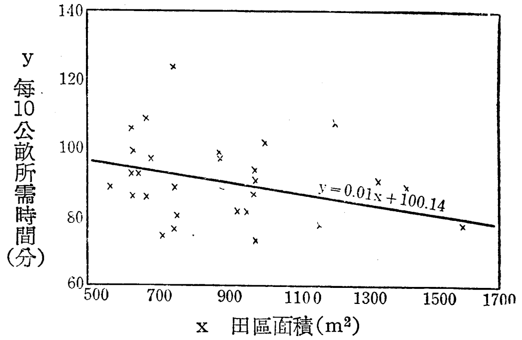
第十圖　稻葉含水分率和機器工作能量之關係

從F值及Q值均可以看出各因子都有極顯著的影響，尤其葉面含水分率之影響較强，其影響度約佔25%，與其他兩因素之交感影響亦不小，各佔12%及8%。稻葉含水分率和機器工作能量之間的關係式爲：

$$y=0.26x+76.94$$

y ：工作能量（min/10a）

x ：稻葉含水分率（%）



第十一圖　田區面積和工作能量之關係

但假若在葉面上有露水或雨水等水滴時，經過脫穀後之穀粒和碎葉片將黏貼在一起，而使脫穀機之選別作用失效，機器大約前進15m左右即發生堵塞現象，所以葉面上有水滴時未實施試驗。

表土貫穿深度及田區面積之大小對工作能量均有顯著影響，其影響度各佔15%，其他機差之影響度佔20%。表土利用圓錐重錘貫穿深度在 3 cm 以內時，機器之操作可保持正常，此時，表土貫穿深度和機器工作能量之間的關係爲：

$y=9.45x+76.07$ y ：工作能量（min/10a）

x ：表土貫穿深度（cm）

但假若重錘貫穿深度超過 3 cm 時，機器向前行走尙不致受太大影響。惟在後退時，刈刀受到機器反轉作用力，被壓入土中，且履帶前端高度太低，回復前進時未能立即浮出土面，使刀片在土中刺插，所以在轉向操作時必須暫停機器，將收割部份抬起，影響工作速度甚大，否則就要用大旋轉轉向法，使機器不用倒退。但採取此種割稻法時，田埂旁邊需要用人工預先割去很大面積稻株，對總工作效率而言，頗受影響，且在稻稈未收拾之前，田面極爲零亂。

重錘貫穿深度超過 6 cm 以上時，機器行走將甚困難，時常發生打滑，以及在履帶與驅動輪之間捲繞很多稻稈及泥漿，作業很困難，不受農民歡迎。因此，在本次試驗，假若重錘插入深度超過 3cm 時，即放棄試驗。

田區之大小和工作能量之關係式爲：

$y=-0.01x+100.14$ y ：工作能量 （min/10a）

x ：田區面積（m^2）

田區愈大工作能量愈高。

（四）手割田邊稻和機割之面積及時間分配情況

此種型式的聯合收穫機，收割部份與脫穀部份裝置於並行的位置，因此在機器本身未下田從事收割工作前，對於稻田的四個角落及靠近田埂的田邊水稻須用手工或其他方法先行割去 3 ～ 6 行，並於適當時候予以脫谷。試驗結果列如表八。

表八、小型水稻聯合收穫機試驗紀錄（二）

項號	項目 ＼ 編號		單位	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6
1	面積	田區總面積	m^2	678	970	743	940
2		機器作業面積	m^2 %	490 72	750 77	553 74	727 77
3	時間	機割時間×人數	分×人 %	53.3×1=53.3 41	61.8×1=61.8 38	68.5×1=68.5 40	60.0×1=60.0 29
4		田邊稻手割時間×人數	分×人 %	48.8×1=48.8 38	53.1×1=53.1 33	44.4×1=44.4 26	51.5×1=51.5 24
5		田邊稻機脫耗時×人數	分×人 %	9.2×3=27.6 21	16.0×3=48.0 29	19.7×3=59.1 34	33.0×3=99.0 47
6		工作累積時間	分	111.3	130.9	132.6	144.5
7		總工時	分	129.7	162.9	172.0	210.5
8	每10公畝所需總工時		分	191	168	231	224
9	機割工作能量		分/10a	109	82	124	83

10	田間有效工作效率	%	67	69	43	65
11	理論工作效率	%	47	63	41	62

備註

1. 總工時＝（機割時間）×（人數）＋（田邊稻手割時間）×（人數）＋（田邊稻機脫時間）×（人數）
2. 工作累積時間＝機割時間＋田邊稻手割時間＋田邊稻機脫時間
3. 機器作業面積%＝$\frac{\text{機器作業面積}}{\text{田區總面積}}\times 100$
4. 機割時間×人數的%＝$\frac{\text{機割時間}\times\text{人數}}{\text{總工時}}\times 100$
5. 田邊稻手割時間×人數的%＝$\frac{\text{田邊稻手割時間}\times\text{人數}}{\text{總工時}}\times 100$
6. 田邊稻機脫時間×人數的%＝$\frac{\text{田邊稻機脫時間}\times\text{人數}}{\text{總工時}}\times 100$
7. 每10公畝所需總工時＝$\frac{\text{總工時}}{\text{田區總面積}}\times 1000$

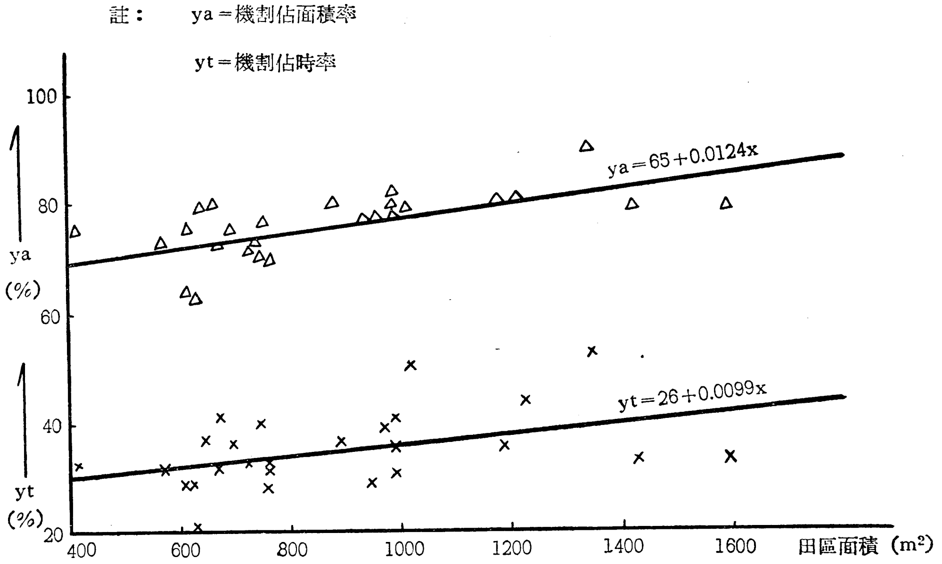
項號	No. 9	No.13	No.14	No.17	No.18	No.19
1	1,231	570	622	728	754	769
2	996 81	418 73	468 75	521 72	526 70	542 70
3	107.4×1＝107.4 43	37.9×1＝37.9 30	46.3×1＝46.3 29	39.9×1＝39.9 31	40.1×1＝40.1 28	43.8×1＝43.8 32
4	57.7×1＝57.7 23	40.2×1＝40.2 31	37.3×1＝37.3 23	49.2×1＝49.2 38	61.0×1＝61.0 43	51.0×1＝51.0 37
5	28.3×3＝84.9 34	16.8×3＝50.4 39	25.4×3＝76.2 48	10.0×4＝40.0 31	10.3×4＝41.2 29	10.5×4＝42.0 31
6	193.4	94.9	109.0	99.1	111.4	105.3
7	250.0	128.5	159.8	129.2	142.3	136.8
8	203	225	257	177	189	178
9	108	91	99	76	76	80
10	58	59	59	65	70	69
11	47	57	52	62	67	64

項號	No.20	No.21	No.24	No.25	No.26	No.27
1	635	627	1,600	1,345	1,020	995
2	400 63	402 64	1,255 78	1,200 89	896 88	770 77

3	42.5×1=42.5 21	35.3×1=35.3 29	96.5×1=96.5 34	108×1=108.0 52	91×1=91.0 50	56.0×1=56.0 31
4	55.9×1=55.9 27	54.4×1=54.4 44	97.7×1=97.7 35	47.5×1=47.5 23	41×1=41.0 23	56.8×1=56.8 32
5	35.2×3=105.6 52	10.9×3=32.7 27	22.0×4=88.0 31	13.0×4.0=52.0 25	12.0×4.0=48.0 27	23.1×1=69.3 38
6	133.6	100.6	216.2	168.5	144.0	135.9
7	204.0	122.4	282.2	207.5	180.0	182.1
8	322	195	176	154	175	187
9	106	88	77	90	102	73
10	55	64	70	65	79	72
11	48	58	67	57	50	70

項號	No.28	No.30	No.31	No.32	No.33	No.35
1	760	698	988	992	416	890
2	579 76	526 75	776 79	811 82	310 74	713 80
3	52.7×1=52.7 33	51.0×1=51.0 36	67.8×1=67.8 35	77.3×1=77.3 40	29.3×1=29.3 32	70.3×1=70.3 36
4	46.6×1=46.6 30	45.2×1=45.2 31	54.7×1=54.7 29	45.7×1=45.7 23	27.8×1=27.8 31	43.1×1=43.1 22
5	19.4×3=58.2 37	15.8×3=47.4 33	23.3×3=69.9 36	24.3×3=72.9 37	11.3×3=33.9 37	21.0×4=84.0 42
6	118.7	112.0	145.8	147.3	68.4	134.4
7	157.5	143.6	192.4	195.9	91.0	197.4
8	207	206	195	198	219	222
9	91	97	87	95	95	99
10	70	66	70	63	66	55.1
11	56	53	59	54	54	52

項　號	No.36	No.37	No.39	No.40	平　　　均
1	1,182	672	1,430	649	880.9
2	952 81	537 80	1133.0 79	505 78	682.9 78
3	74.3×1=74.3 34	46.5×1=46.5 31	100.4×1=100.4 33	47×1=47.0 37	61.7 35
4	58×1=58.0 27	39×1=39.0 26	70.5×1-70.5 23	20.8×1=20.8 16	50.0 28
5	28.6×3=85.8 39	16.0×4=64.0 4.3	34×4-136.0 44	15.2×4=60.8 47	64.5 37
6	160.9	101.5	204.9	83.0	131.1
7	218.1	149.5	306.9	128.6	176.2
8	184	222	215	198	204.3
9	78	87	89	93	91.3
10	70	72.8	57	69	64.9
11	66	59	58	55	57.6



第十圖　田區大小與機割佔時率及機割佔面積率之關係

表八、可看出雖然田邊稻面積只佔總面積的22%，但所耗工時則手割佔28%，脫穀佔37%，總共佔65%，使節省工時方面受到很大影響，亦使收穫作業趨於複雜。欲使每天工作量達於最高度，則對於此三種作業應有良好的配合，尤其不能因手割田邊稻致使機器停止作業。

又機器直接收穫所佔總工時百分率隨面積之增大而增加，如第十圖所示。其相關係數爲0.75，關係式爲：

$y_t=0.0099x+26$

機器直接收穫所佔總面積百分率亦隨面積之增加而增加，其相關係數爲 0.6，關係式爲：

$y_a=0.0124x+65$

由於 $m_a=0.0124$ 大於 $m_t=0.0099$ ，由此可知工時方面節省，不如機器直接收穫面積比率的增加來得快。

註：y_t＝機器直接收穫佔總工時之百分率（%）

y_a＝機器直接收穫佔總面積之百分率（%）

x＝面積（m^2）

（五）田間工作效率

工作效率分理論工作效率與有效工作效率。理論工作效率係由機器原有的標記收割寬度與速率及工作時間相乘所得的理論工作量與實際田間工作量之比率而得；有效工作率則由田間實測之收割寬度與直進速率及工作時間相乘所得之有效工作量與田間實際工作量之比率而得。由於有效工作率對於機器之機構本身所影響之程度較少，便於了解在既定的環境及機器條件之下，如何發揮其使用效率。至於理論工作效率爲包涵所有的因素，對機器結構的合理性及其他種種因子的探討較爲方便。

依試驗結果，田間理論工作效率平均爲57%；田間有效工作效率平均爲64.9%。顯示有百分之三十五左右的時間，用於轉彎、後退、調整、換袋等工作上。欲使此一數目儘量縮減，則應一方面增大田區的長邊與寬邊比，同時田區形狀不宜過份彎曲；另一方面應儘量減少機器的調整。但機器的調整仍是依照機器本身的結構，作業者的技術及作業環境而定。此機器因脫穀選別機構之調整過份精細，而且能量有限，以及調整頻繁，而致工作效率未能提高。

註：田間理論工作效率＝$\frac{1}{36}\times\frac{C}{WV}$。

田間有效工作效率＝$\frac{1}{36}\times\frac{c}{We\times Ve}$。

C ＝每小時機器實際工作量(m^2/hr)。

W ＝標記收割寬度(cm)。

V ＝標記收割行進速度(m/sec)。

We＝田間實際收割寬度（cm)。

Ve＝田間實際行進速度(m/sec)。

$\frac{1}{36}$＝單位換算因子。

（六）成本分析：

1.一天工作量之推定　依照試驗結果，機器收穫每 0.1公頃平均約需90分鐘（包括收割及脫穀，用人工收割田邊稻部份不計在內），一天工作時間設爲10小時，實際作業率爲90%，則一天可工作面積約爲 0.6公頃。

2.各項費用之估計

機器折舊費　目前小型水稻聯合收穫機之試銷價格在新臺幣100,000元至120,000元之間，如果將來推廣數增加時，推銷費用及服務費用均可減低，所以估計機器之正當售價爲90,000元左右。機器報廢後之剩餘價值依照一般之估計法，以原價之10%計算，則應爲 9,000元。可使用年限爲x年，則每年機器折舊費爲$\frac{81,000}{x}$元。

利息　依照政府最近公佈購買農機用貸款之利率，以年息9%計算則$\frac{90,000+9,000}{2}\times 0.09=$

4,455元。

修護費　機器新的時候修護費之支出甚微，但隨使用時數之增加，支出額亦相對增加，但其增加比率在目前未有適當之參考資料，因此以定額法估計之。普通農機具之定額估計係每年以購買機器價格之約5％計算。但本次供試之小型聯合收穫機，其構造經觀察結果，並不比一般耕耘機、噴霧器以及其他農業機械堅牢，可能修護費之支出要較多，所以暫以8％計算，則 90,000×0.08=7,200元。

固定費總支出　固定費總支出＝折舊費＋利息＋修護費＝$\frac{81,000}{x}$＋ 4,455＋7,200＝$\frac{81,000}{x}$＋11,655元。

每公頃固定費支出　假設一年總收穫面積＝A（公頃）則每公頃固定費支出＝$\frac{81,000}{Ax}+\frac{11,655}{A}$

燃料費　依照試驗結果，每公頃需用 34ℓ汽油，每 ℓ5.7 元，所以每公頃所需燃油費為5.7×34＝194元。

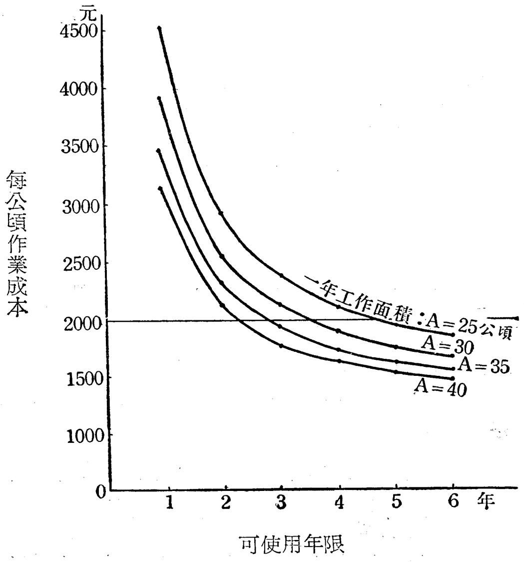
機油費　機油耗油量以燃油之5％計算，則每公頃所需機油量為34×0.05=1.7（ℓ）。每ℓ以16元計算，則16×1.7=27.2元。

人工費　駕駛員一人，割田邊稻及協助收集稻束等工作二人，共三人，每人工資平均以 120元計算，則人工費=120×3×$\frac{1}{0.6}$ ＝ 600元。

每公頃工作成本　每公頃工作成本＝固定費＋燃油費＋機油費＋人工費＝$\frac{81,000}{AX}+\frac{11,655}{A}$＋ 194＋27＋600

一年工作總面積分別定為25、30、35、40公頃，則可得曲線表如第十二圖所示。

目前在本省收割一公頃水稻，所需工資平均約為 2,000元，所以從圖中可看出，假使一台機器之年作業面積為40公頃時，其可使用年限必須有2年以上，假若年作業面積為25公頃時必須有4年以上。但此次所供試之機器，經觀察結果，由於各部份構造複雜，調節精細，且各活動部份都暴露在外面，保養困難，為達到 2,000元平衡線所示之應有可使用年限，已感到很勉強，所以目前所使用之機器，雖可達到節省人工的目的，但對減低生產成本之目的則未有太大之貢獻。



第十二圖　每公頃作業成本分析圖

（七）今後應改進之方向

依上述各項分析，可知工作成本極高，因此，如何使工作成本降低，乃目前急要課題，下列幾點尤亟待改進者。

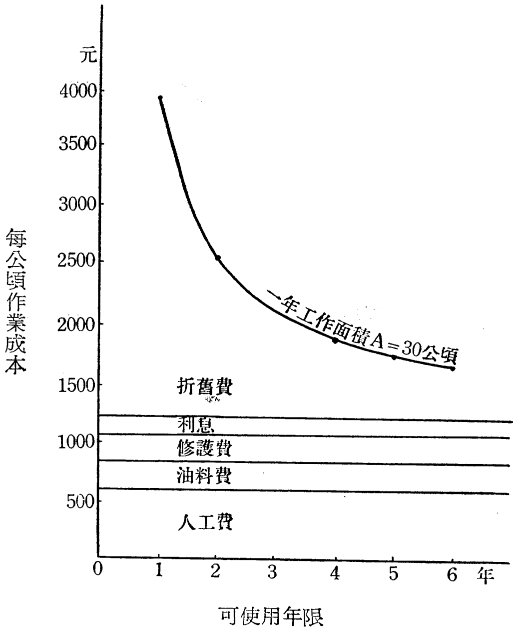
（1）減少工作人員：機器在收穫作業時，因田邊稻須由手工先行割除，並予脫穀，因此需要三個人員，每公頃需費 600元，如果能將機器修改，免除此項作業，則至少可節省三分之一以上的費用，同時亦使作業由複雜趨於簡單。

（2）提高工作量：該機器的選別方式係採用風選式，因此脫穀能量有限，日工作量不易提高，同時在雨天露晨都無法使用，無形中年工作時數受到限制，一年內總工作面積平均不過30公頃。如果能以搖動式粗選機構代替風力精選，則工作速度及工作量將可能有大幅度的增加。

（3）加强耐久性能：如前所述，由於機器結構複雜，機件脆弱，維護困難，因此應儘量簡化機器，同時增加活動部份牢固性，尤其履帶前輪輪徑太小，在軟泥田作業，刈刀容易插入泥裡；而鱗片式的橡膠履片及其揷梢容易損壞，影響工作進行。宜改用鐵片代替橡膠，同時將輪徑加大，以解決泥田區的問題，同時增强其耐久性能。

（4）機器經上述修改後，工作人員可以節省三分之一，年工作量可達四十公頃，耐久性延長到四年，則每公頃的工作成本便可降到 1,400元以下，這對於水稻聯合收穫作業將有極大幫助。

（5）增加機器之機動性：爲增加機器之利用率，收穫作業必須在廣大的地區實施。但現有收穫機之行走機構在公路或農路上無法快速行走，遇到長途時，需僱用卡車搬運。在近距離時，利用機器本身行走，亦極費時間，因此在可能作業期間，將影響到實際作業日數，所以機器之機動性必須加以改進，始可增加其利用率。



第十三圖　作業成本分配

四、參考文獻

1.農業機械實驗便覽。東大農工教室，養賢堂。

2.實驗計劃法。田口玄一，丸善書局。

3.稻穗脫粒要素之研究。鄔清標，農工學報十四卷三、四期。

摘　　要

1.稻穗穀粒最小抗拉强度對摩擦掉粒數之影響度Q值爲 46.5%，其與穀粒含水分率之交感作用及與穗粒數之交感作用之Q值，亦各佔 13%及 2.5%，所以穀粒最小抗拉强度之大小對摩擦掉粒之影響極大，兩者間之關係式爲：

$y=-0.14x+31.17$　　y：摩擦掉粒數（%）

x：穀粒最小抗拉强度（gr）

2.目前小型水稻聯合收穫機所使用之脫穀選別機構，極易受到稻葉水分含量以及稻束供給速度及供給深度之影響，所以具有各種調節裝置，使機器能適應各種情況之水稻，但由於調節裝置過繁，相互間不易使其完全配合，因此摩擦掉粒數、行車速度、水稻成熟度等因素對水稻聯合收穫機收穫作業掉粒損失之影響，往往比人爲因素小，因而各因素之F 值均不顯著。

3.田間表土硬度（貫穿深度），稻葉含水分率及田區面積大小對工作能量均有顯著之影響，稻葉含水分率之影響度約佔25%，與其他兩因素之交感影響亦各佔12%及 8 %。

稻葉含水分率與機器工作能量之間的關係式爲：

$y=0.26x+76.94$　　y：工作能量（min/10a）

x：稻葉含水分率（%）

表土貫穿深度及田區面積大小對工作能量之影響度各爲15%，其他機差之影響度爲20%。

表土貫穿深度與工作能量之關係式爲：

$y = 9.45x + 76.07$　　　y ＝工作能量（min/10a）

　　　　　　　　　　　　x ＝表土貫穿深度（cm）

田區面積大小與工作能量之關係式爲：

$y = -0.01x + 100.14$　　　y ＝工作能量（min/10a）

　　　　　　　　　　　　x ＝田區面積（m^2）

4. 割切機構上所附裝之扶稻桿作業性能極佳，且割切高度及脫穀時稻束之供給深度均有良好之調節裝置，只要節調妥當，則稻株之高度、分蘖數、倒伏程度等對機器之作業性能均無太大影響，但完全倒伏之水稻即無法收割。

5.因機器之履帶高度不高，表土太軟，重錘貫穿深度超過 3cm以上時，機器之行走即不甚方便，影響工作效率，超過 6cm以上時，工作極爲困難。

6.目前之小型水稻聯合收穫機，每天工作效率平均約爲 0.6公頃，但葉面有水滴時即無法工作，同時，稻束供給量稍爲過量，即隨時發生堵塞現象。故爲提高機器工作效率，目前之下方供給稻束脫穀法及風選式選別機構不甚適用，應改爲上方供給稻束脫穀法及搖動選別法之脫穀選別機構。

7.稻谷的損失率爲0.5～2%之間，損失量並不太嚴重。

8.每公頃所需總人工時數爲34小時，其中聯合收穫機正常作業所佔比例爲35%，手工刈割田邊稻佔28%，利用聯合收穫機之脫穀選別機構脫田邊稻爲37%。可知工時分配上極爲不經濟。改進的方法，惟有增大田區面積，及修改機器本身，使能免去處理田邊稻的工作。

9.機器的田間理論工作效率平均爲57%，田間有效工作效率平均爲 64.9%。提高有效工作效率的方法，在於一方面使田區長邊與寬邊長度比例加大，另一方面簡化機器的結構，儘量減少調節手續。

10. 每公頃所需工作成本，可以下列方程式表示之：

$$y = \frac{81{,}000}{AX} + \frac{11{,}655}{A} + 821$$

式中A 爲年工作面積（公頃），x 爲可使用年限，因機器價格頗高，所以年工作量及可使用年限爲影響成本最大的因子。依照目前使用情形推算，年工作量爲30公頃，可使用年限爲 4 年，則每公頃所需工作成本爲 1,780元。欲使成本降至低於1,300元，則機器必需經過修改，使操作人員減爲二員，年工作面積能在40公頃以上，耐久年限 4 年以上，始可達成。

11. 爲降低工作成本，今後應改進的方向略如下列：

（1）將刈切部份置於脫穀部份的前端，藉以免去手割及機脫田邊稻的手續。

（2）將脫穀選別部份工作容量加大，並使之適用於雨天、露晨。

（3）加大履帶的驅動輪徑，或改良履帶的結構，使收穫機能適用於軟泥田區。

（4）簡化各部份的結構與調整，並增强其耐久性能。

（5）增加機器之機動性，以便提高其利用率。

TESTS ON THE PERFORMANCE OF SMALL RICE COMBINE HARVESTER IN RELATION TO SOME PHYSICAL PROPERTIES OF RICE

C. P. Wu & K. H. Huang

Summary

1. The minimum tensile strength of rice grain significantly affected the friction loss of grain. The "Q" value was 46.5%. The moisture content of grain and the number of grain affected the friction loss were not as important as the minimum tensile strength. The "Q" values were 13% and 2.5% for moisture content of grain and number of grain per panicle respectively. The regression equation between minimum tensile strength and friction loss of grain is

$Y=-0.14X+31.17$

Where X = the minimun tensile strength of grain. (gr.)

Y = the percentage of the friction loss of grain. (%)

2. The effect of friction loss of grain, the forward speed of the combine & the degree of maturity of rice on grain loss caused by combine harvester were not significant. This would be possible that factors other than the above mentioned three were involved. For instance, the moisture content of the leaves, the feeding speed of rice bundle and the length of rice plant feeding inside the threshing machine. For the purpose of fitting and easing the handling of rice bundles under different conditions, this combine is equiped with various attachments which are so encepliated that the operator is not very easy to familiar with it and run it properly. therefore the improper handling of the combine would cause more grain loss.

3. The hardness of the surface soil or top soil, the moisture content of the leaves, and the size of working plot all greatly affected the working capacity of the combine harvester.

The regression equations for the moisture content of the leaves, hardness of the surface soil and the size of working plot with the working capacity are:

a. moisture of leaf: $Y=0.26X+76.94$

where: Y = working capacity (min/10a)

X = moisture content (%)

b. Hardness of surface soil $Y=9.45X+76.07$

where: Y = working capacity (mim/10a)

X = the depth of the weight droped into the surface soil (cm)

c. The size of working plot: $Y=-0.01X+100.14$

where: Y = working capacity (min/10a)

X = size of each working plot (m^2)

4. The rice pick-up attached to the cutting mechanism of the small rice combine is excellent, The rice cutting height and the length of rice plant for feeding to the threshing mechanism can be adjusted properly. Hence, if all parts are properly adjusted, these factors such as the height of rice plant, the number of rice plants per hill, and the declination angle of rice plant will not affect much on the operation of combine. However, this type of small combine won't work well when lodging of rice plants is very serious.

5. The height of the track on both side of the combine isn't sufficient. If the surface soil of the field is too soft (when a given weight is droped down from a height of one meter to the soil surface and penetrates into the surface soil by 3 cm but less than 6 cm.) combine won't proceed well and its efficiency is very low. When the given weight penetrates into the soil by 6 cm or more, this combine won't work any more.

6. The working capacity of this small rice combine is 0.6 hectare per day in average under normal conditions. However the capacity of this machine is greatly reduced or even won't work when the leaves are wet. In the meantime, the threshing machine will be in trouble when more too much rice plants are fed. The combine would be efficient if the present rice feeding mechanism, which is fed under the threshing drum, be changed to feed rice plants on the threshing drum, and the wind cleaning mechanism be changed to vibrating sieve.

7. The percentage of grain loss is ranging from 0.5 to 2%, which is considered not a very serious loss of grain.

8. To harvest one hectare of rice required 34 man-hours, which included 35% for by combine in normal operation, 28% for cutting rice in the border rows, 37% for combine threshing the rice harvested in the border rows. Therefore, it is quite clear that the size of farm for using combine with great efficiency and better benefit is exstremely important. Because 65% of manhour required for harvesting the rice on the border row is quite unreasonable.

9. The theoretical field efficiency of the machine is 57% in average, and the effective field efficiency is 64.9% in average. The effective field efficiency can be increased if the proportion of length to width of a field is increased in order to reduce the turn of combine, the machine construction be further simplified and the regulating process be abated.

10. The following equation expressed the total cost for harvesting one hectare of rice.

$$Y = 81{,}000/AX + 11{,}655/A + 821$$

Where :

A = Hectare of rice to be harvested per year.

X = Effective service life of the machine.

The high price of the machine, the acreage harversted per year and the service life of the machine affected the total cost greatly. From this test, 30 hectares of rice harvested per year, and 4-year service life will be the minimum requirements for economic use of the combine. Under this conditions, the total cost for harvesting one hectare of rice is NT$ 1,780.00. If we want to reduce the cost to less than NT$ 1,300.00, then the machine should be improved to allow 2 operators to work on, more than 40 ha. of rice be harvested per year and the service life of the machine be more than 4 years.

11. We would suggest that the following improvements be made in order to reduce the cost of operation to a more economic level :

(1) Set the cutter before the threshing sorting parts in order that the cutting and threshing of rice in the border row could be avoided.

(2) Improve the working ability of the threshing and sorting parts, in order to make the machine to be able to work in rainy day and high humidity in the morning hours.

(3) Enlarge the diameter of both the driver and the driven sprocket, or improve the track structure to made it suitable for soft, muddy field operation.

(4) Simplify the structure and ease the regulation of the machine parts and intensify their durability.

(5) Make the machine easy to transfer, in order to promote its availability.